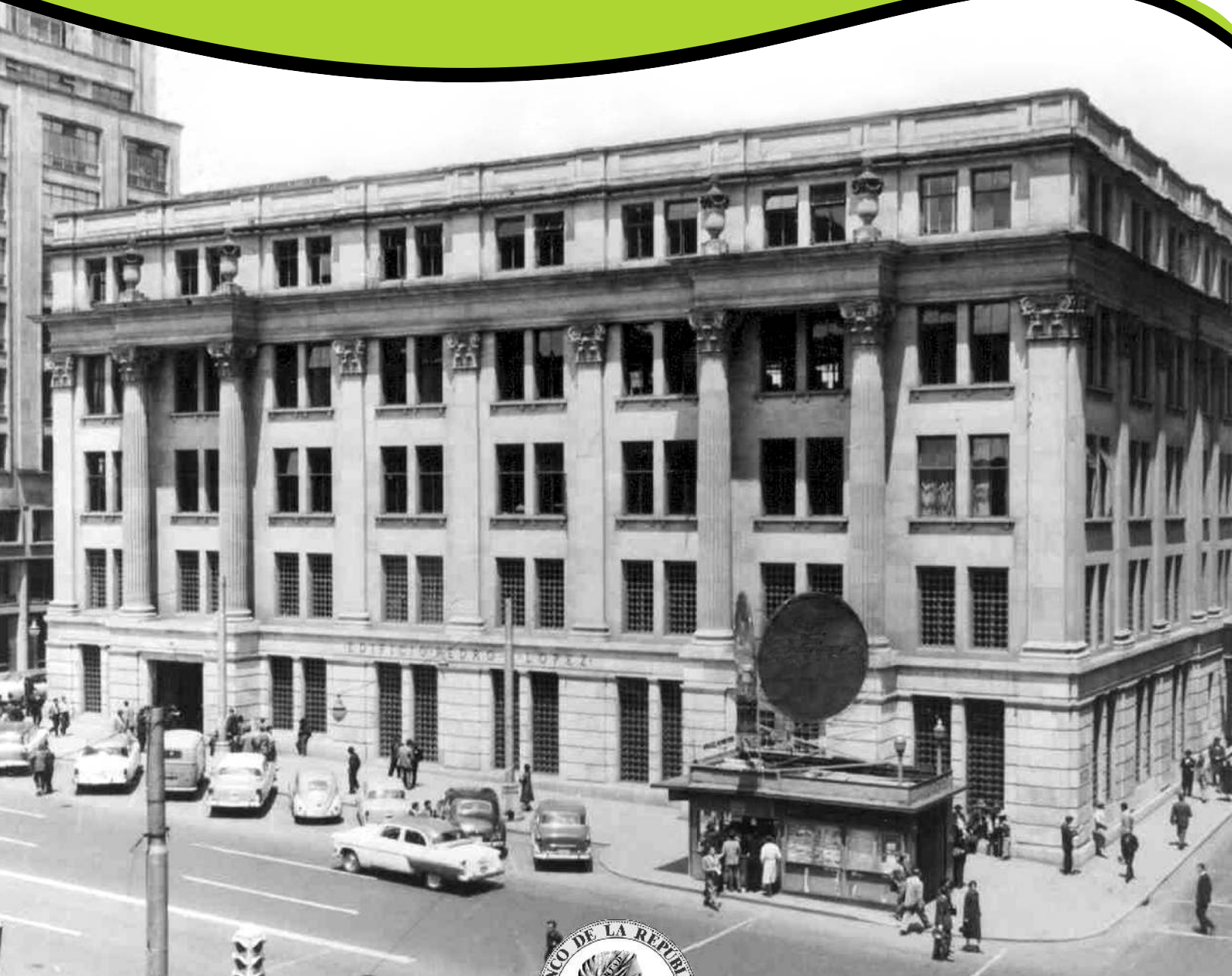


en Colombia 

Por : José Luis Torres T

# Borradores de ECONOMÍA

No. 462  
2007



tá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá -



Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Colombia - Bogotá - Col

# **La estimación de la brecha del producto en Colombia<sup>1</sup>**

José Luis Torres T<sup>2</sup>

Octubre 2007

## **Resumen**

La brecha del producto es una variable clave para la política monetaria bajo el régimen de inflación objetivo. Dada la incertidumbre sobre esta medida, los equipos de inflación de los Bancos Centrales monitorean regularmente un conjunto amplio de indicadores y de estimaciones, que dan luces sobre la posición de la economía en el ciclo y posibles presiones de demanda. En este trabajo se reseñan las principales metodologías que se utilizan en el Banco de la República de Colombia para su estimación. También se comparan los pronósticos fuera de muestra, para la inflación básica, que se obtienen utilizando las diferentes medidas en una curva de Phillips híbrida.

Palabras clave: Brecha del producto, Curva de Phillips, Colombia.

JEL: C32, C43, E31, E37, E52.

---

<sup>1</sup> Una versión preliminar de este documento fue presentada en la reunión del CEMLA sobre variables inobservables, Buenos Aires junio 14 y 15 de 2007.

<sup>2</sup> Profesional de la Subgerencia de Estudios Económicos del Banco de la República de Colombia. Los análisis y puntos de vista expresados en este documento, no comprometen al Banco de la República ni a su Junta Directiva y son exclusiva responsabilidad del autor.

## I. Introducción

En Colombia, el Banco Central conduce la política monetaria bajo el régimen de inflación objetivo desde 1999, tras el abandono de las bandas cambiarias. En éste esquema, la tasa de interés de política del emisor está sujeta a la doble relación entre la inflación futura y la meta de inflación, y el PIB observado y el no inflacionario. Dado lo anterior, la postura de la política monetaria depende críticamente de los pronósticos de inflación y de la posición de la economía en el ciclo.

Este trabajo se concentra en reseñar las diferentes metodologías que se utilizan en el Banco de la República de Colombia para la medición de la brecha del producto, que se define como la diferencia porcentual entre el PIB observado y el PIB no inflacionario o potencial<sup>3</sup>. Al ser el PIB potencial un concepto teórico y no observable, no existe una medición objetiva de la brecha del producto y por lo tanto es difícil calificar qué tan adecuados son los modelos que se utilizan para su estimación. La importancia de una buena estimación de la brecha radica en que da luces sobre posibles excesos de demanda que puedan presionar los precios. Adicionalmente, la brecha del producto también se utiliza para la estimación de la tasa de interés natural y para la determinación de la postura fiscal.

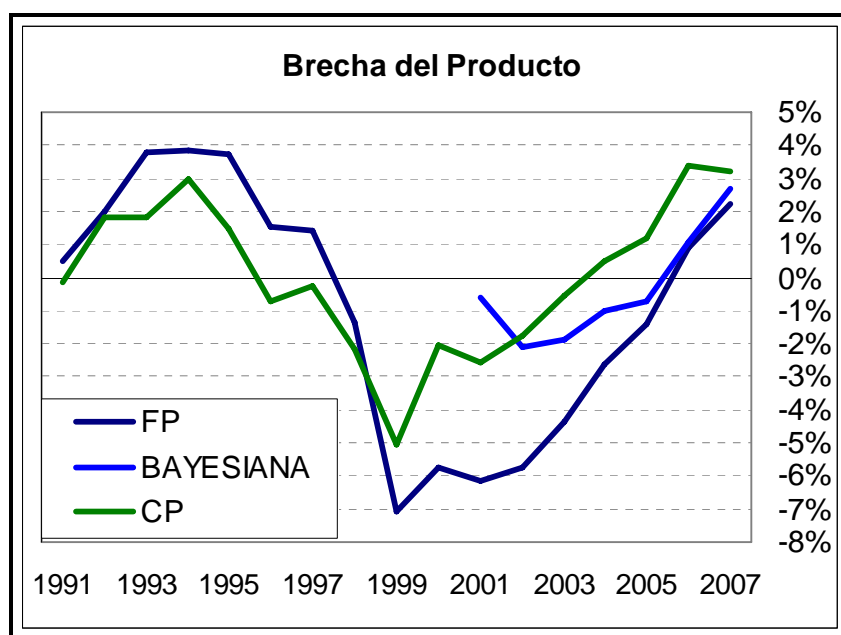
En la literatura se proponen diversos ejercicios que permiten acercarse a este concepto. Aunque en principio es deseable contar con gran variedad de medidas, muchas veces esto implica divergencias a la hora de hacer recomendaciones de política monetaria. Si bien la correlación histórica entre los diferentes indicadores suele ser bastante alta, el nivel de cada uno varía de forma importante. El Gráfico 1 presenta tres de las mediciones alternativas de la brecha del producto que son monitoreadas por el equipo de inflación del Banco Central. Debido a la naturaleza no observable de la brecha del producto, en este trabajo se verifica la validez de las diferentes mediciones, mediante la evaluación de pronósticos fuera de muestra de la inflación básica obtenidos con una Curva de Phillips híbrida<sup>4 5</sup>.

---

<sup>3</sup> En algunos trabajos la brecha se calcula utilizando el PIB de precios flexibles o de pleno empleo de factores productivos. Sin embargo, esta no es la medición relevante para un Banco Central con inflación objetivo. En la práctica el PIB no inflacionario es menor que el de pleno empleo de factores. Para una discusión más detallada sobre los conceptos de PIB potencial ver McCallum (2001).

<sup>4</sup> Igual a la del modelo central de pronósticos MMT, que incluye expectativas racionales (de la inflación futura) y adaptativas (rezagos de inflación).

**Gráfico 1: Brecha del Producto Según Diferentes Mediciones**



El trabajo se divide en cinco secciones siendo esta introducción la primera. En la segunda se explican en mayor detalle las principales metodologías que se utilizan en Colombia para la estimación de la brecha del producto. La tercera sección muestra la evaluación de los pronósticos fuera de muestra de la inflación básica obtenidos con cada una de las metodologías. Por último, en la quinta sección se presentan algunas conclusiones.

## **II. Técnicas de Estimación**

La estimación de la brecha del producto en Colombia ha sido desde hace varios años un tema fértil de investigación. Por lo cual en la actualidad se cuenta con varias medidas, que van desde filtros estadísticos (Hodrick y Prescott simple, con priors, multivariado, Filtro de Kalman y Band Pass) hasta aproximaciones teórico-empíricas (modelos con alguna estructura económica).<sup>6</sup> A continuación se reseña las cinco metodologías principales que se utilizan activamente en la estimación de la brecha del producto en Colombia.

<sup>5</sup> El MMT, desarrollado por Gómez et. al. (2002), es un modelo para una economía pequeña y abierta, de frecuencia trimestral, semi-estructural y dinámico, que se utiliza para las recomendaciones de política.

<sup>6</sup> Cobo (2004) hace un resumen exhaustivo de las metodologías de brecha del producto estimadas para el caso colombiano.

## 1. Función de Producción

La estimación de la brecha del producto a partir de una función de producción es la metodología más utilizada en los Bancos Centrales porque permite hacer la estimación del producto potencial a partir de los factores productivos lo cual es muy intuitivo. Su mayor atractivo radica en que al ser una estimación desagregada, permite utilizar gran cantidad de información y de juicio. Por ejemplo, en esta metodología es posible incorporar en la estimación entre otras cosas, el conocimiento que se tenga sobre el crecimiento poblacional, la participación en el mercado laboral y la inversión. Lo cual a su vez se constituye en su principal deficiencia, puesto que al tener estimaciones sobre tantos fenómenos y componentes se incrementa la incertidumbre sobre el resultado final.

El ejercicio busca hacer la contabilidad del crecimiento y separar la medición de la brecha del producto en sub-brechas de empleo, capital y productividad. Para esto se utiliza una función de producción tipo Cobb-Douglas:

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha} \quad (1)$$

En la que se supone que la elasticidad de sustitución entre el capital y el trabajo es unitaria, que los retornos a escala son constantes y que el cambio tecnológico es neutral en el sentido de Hicks. Para la estimación se utiliza el PIB trimestral desestacionalizado a precios constantes de 1994 medido por el Departamento Nacional de Estadística (DANE).

El stock de capital se estimó a partir de la proporción capital a producto estimada por el Departamento de Planeación Nacional (DNP). A partir de 2001, la serie se actualiza a partir de la ecuación del inventario perpetuo:

$$K_t = K_{t-1}(1 - \delta) + I_{t-4} \quad (2)$$

Donde  $\delta = 1.21\%$  es la tasa trimestral promedio de depreciación del capital estimada por DNP e  $I_{t-4}$  es la formación bruta de capital fijo o inversión de cuatro períodos atrás. De esta manera se asume que la inversión se demora un tiempo en volverse productiva, en este caso cuatro trimestres. Sin embargo, no todo el capital instalado se encuentra en operación, por lo cual se procede a ajustar el capital por utilización de la capacidad instalada (UCI) según Fedesarrollo.

Los datos de mano de obra se obtienen de las mediciones del DANE. La población ocupada (L) se calcula como:

$$L_t = PET_t * TGP_t * (1 - U_t) \quad (3)$$

Donde PET es la población en edad de trabajar (> 12 años) según proyecciones del DANE a partir del último censo, TGP es la tasa global de participación que es una medida de la oferta laboral y U es la tasa de desempleo. Las últimas dos series se obtiene a partir de la Encuesta Nacional de Hogares (ECH) del DANE. En este caso también puede decirse que el insumo trabajo no se utiliza en su totalidad y que por lo tanto hay que ajustarlo por la tasa de desempleo.

La productividad de los factores (PTF) se calcula a partir del residuo de Solow, es decir como la parte no explicada del producto:

$$A = \frac{Y}{(K * UCI)^\alpha (PET * TGP * (1 - u))^{1-\alpha}} \quad (4)$$

Para la estimación del producto no inflacionario se repite el procedimiento pero se utilizan en el cálculo los valores no inflacionarios de la utilización de capacidad instalada (NAICU), la tasa de desempleo (NAIRU), la tasa global de participación (TGP\*) y la productividad multifactorial (A\*). La NAICU se toma de una estimación de Nigrinis (2003) mediante el filtro de Kalman y la NAIRU de una estimación de Julio (2001) que hace un filtrado mediante splines. La TGP\* y la A\* se calculan con filtros de Hodrick y Prescott tradicional, teniendo en cuenta de hacer pronósticos en ambas series para minimizar el problema de colas del filtro. A pesar de esto, esta metodología tiene serios problemas de fin de muestra ya que es muy sensible a las revisiones en los datos y a las nuevas publicaciones.

Finalmente la brecha del producto se define como la diferencia porcentual entre el PIB observado y el PIB no inflacionario:

$$GAP = \frac{Y}{Y^*} - 1 \quad (5)$$

Reemplazando en la ecuación (5) se obtiene que la brecha del producto estimada por este método es en realidad una suma ponderada de la brecha de productividad, la brecha de utilización de la capacidad, la brecha de

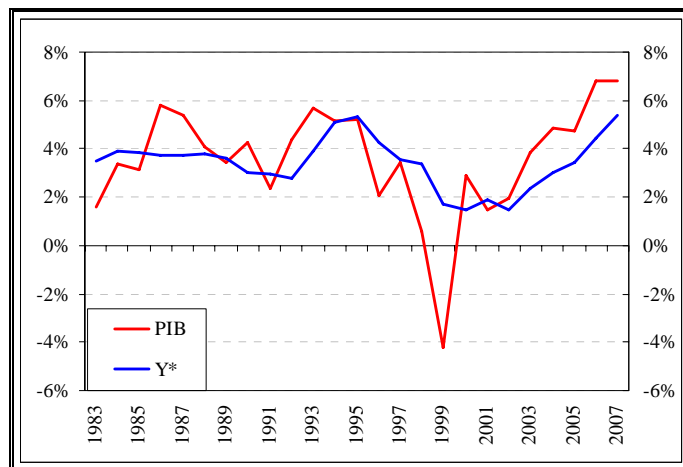
desempleo y la brecha de la participación en el mercado laboral:

$$GAP_t = \frac{A_t}{A_t^*} \cdot \left( \frac{UCI}{NAICU} \right)^\alpha \left[ \frac{TGP(1-U)}{TGP^*(1-NAIRU)} \right]^{1-\alpha} - 1 \quad (6)$$

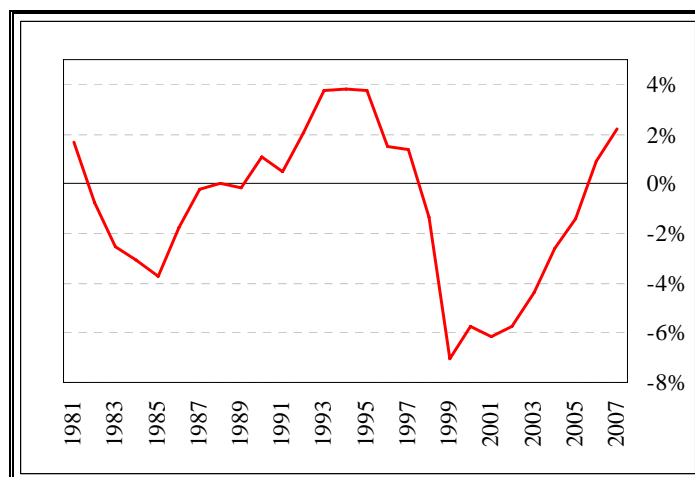
Lo cual es muy atractivo para el análisis económico de la medición, porque permite entender mejor de dónde proviene la estimación final.

En el Gráfico 2 se presenta el crecimiento del producto no inflacionario y del producto observado. En el Gráfico 3 se presenta la brecha del producto estimada con esta metodología, en el Gráfico 4 se encuentra la brecha de empleo y en el Gráfico 5 la brecha de utilización del capital. Cuando se analizan los componentes de este resultado, lo que se encuentra es que en la actualidad en Colombia la brecha estimada no es más alta debido a que el mercado laboral todavía no se encuentra apretado.

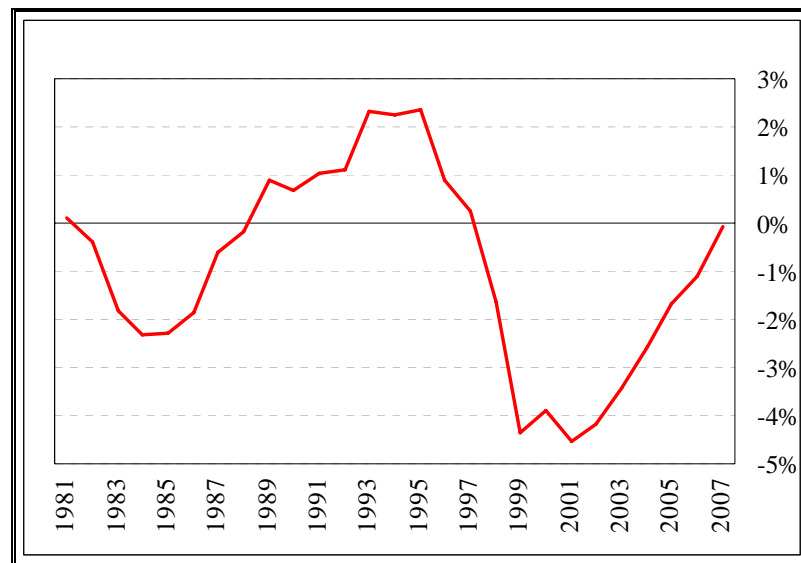
**Gráfico 2: Crecimiento del producto y del no inflacionario**



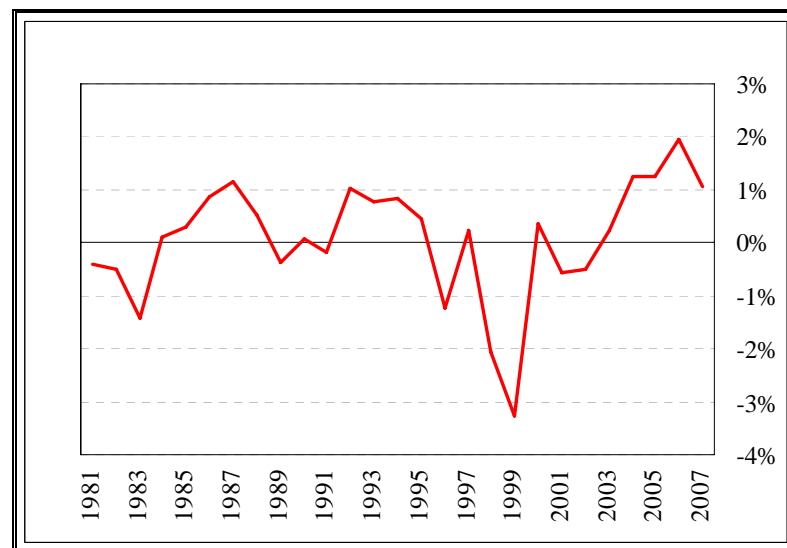
**Gráfico 3: Brecha del Producto de la Función de Producción**



**Gráfico 4: Brecha de Empleo**



**Gráfico 5: Brecha de Utilización del Capital**



## 2. VAR Estructural<sup>7</sup>

El objetivo de este tipo de estimación es recuperar los choques estructurales que afectan la economía a partir de la estimación de una forma reducida. La identificación se logra imponiendo restricciones de largo plazo guiadas por la teoría económica, pero permitiendo que la dinámica de corto plazo la sugieran los datos. El principal atractivo de este tipo de estimaciones es que permiten la separación entre los choques de oferta que afectan el producto potencial y los de demanda que afectan la brecha del producto. El ejercicio

<sup>7</sup> Esta sección se basa en el trabajo de Misas y López (2001).



parte de un sistema de variables estacionarias y de un vector de perturbaciones estructurales:

$$Y_t = \begin{bmatrix} \Delta LIPC_t \\ \Delta LPIB_t \\ \Delta TD_t \\ \Delta CU_t \end{bmatrix}, \quad \varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{IS} \\ \varepsilon_t^{Tec} \\ \varepsilon_t^{Des} \\ \varepsilon_t^{LM} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Donde  $\Delta LIPC_t$  son rezagos de la inflación,  $\Delta LPIB_t$  son rezagos del crecimiento del producto,  $\Delta TD_t$  son rezagos del cambio en la tasa de desempleo y  $\Delta CU_t$  son rezagos del cambio en la tasa de utilización de la capacidad instalada. Con el sistema se busca la identificación de cuatro choques estructurales: (i) choques IS que pueden reflejar movimientos en las preferencias o en la política fiscal, (ii) choques tecnológicos asociados a cambios en la productividad de los factores de la producción, (iii) choques de desempleo que reflejan cambios en los factores de producción y que pueden conducir a movimientos de largo plazo en el desempleo y (iv) choques monetarios asociados a cambios en la demanda o en la oferta de dinero, como también en su velocidad de circulación.

Para la identificación de  $n$  choques estructurales, se deben utilizar  $n(n-1)/2$  restricciones de largo o de corto plazo. Para identificar este sistema se usaron las siguientes seis restricciones de largo plazo:

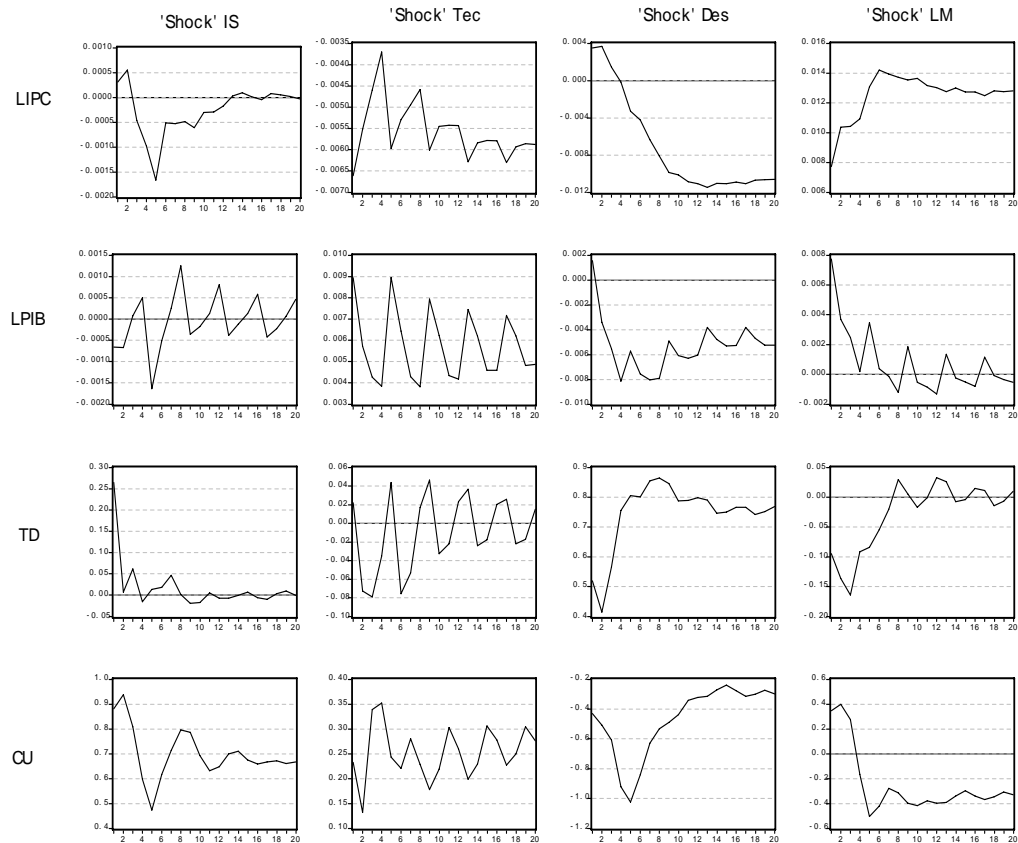
$$C(1) = \begin{bmatrix} 0 & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,12} & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,13} & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,14} \\ 0 & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,22} & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,23} & 0 \\ 0 & 0 & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,33} & 0 \\ \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,41} & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,42} & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,43} & \sum_{i=0}^{\infty} c_{i,44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & c_{12}(1) & c_{13}(1) & c_{14}(1) \\ 0 & c_{22}(1) & c_{23}(1) & 0 \\ 0 & 0 & c_{33}(1) & 0 \\ c_{41}(1) & c_{42}(1) & c_{43}(1) & c_{44}(1) \end{bmatrix} \quad (8)$$

Donde se impone que la inflación es neutral en el largo plazo a los choques IS. El producto es neutral en el largo plazo a los choques IS y LM (monetarios). El desempleo es neutral en el largo plazo a los choques IS, LM y tecnológicos. Mientras que para la utilización de capacidad no se impone ninguna restricción.

La estimación de la forma reducida se hizo con cuatro rezagos para que los residuales fueran normales ruido blanco multivariados. La forma reducida se

estimó con un VAR y no con un VEC puesto no se encontró ningún vector de cointegración en este sistema. En el Gráfico 6 se presentan los impulsos respuesta de las variables endógenas a los choques estructurales

**Gráfico 6: Impulsos Respuesta del SVAR**



En la mayoría de los casos, se obtienen las respuestas que la teoría económica sugiere, excepto por la caída inicial en el producto y el incremento en el desempleo ante un choque positivo de IS. En general un choque positivo de IS aumenta la utilización de capacidad y la inflación. Ante un choque tecnológico se incrementan el producto y la utilización de capacidad, mientras que disminuyen la inflación y el desempleo. Ante un choque de desempleo, aumenta el desempleo y caen el producto, la utilización de capacidad y la inflación en el largo plazo. Ante un choque monetario se incrementan la inflación, el producto, la utilización de capacidad y se disminuye el desempleo.

Una vez identificados los choques mediante estas restricciones, se procede a estimar la brecha del producto como la sumatoria de los choques transitorios de IS y LM:

$$\Delta LPIB_t^{GAP} = \sum_j C_{21}(j) \epsilon_{t-j}^{IS} + \sum_j C_{24}(j) \epsilon_{t-j}^{LM} \quad (9)$$

$$LPIB_t^{GAP} = \text{Integra do}(\Delta LPIB_t^{GAP}) \quad (10)$$

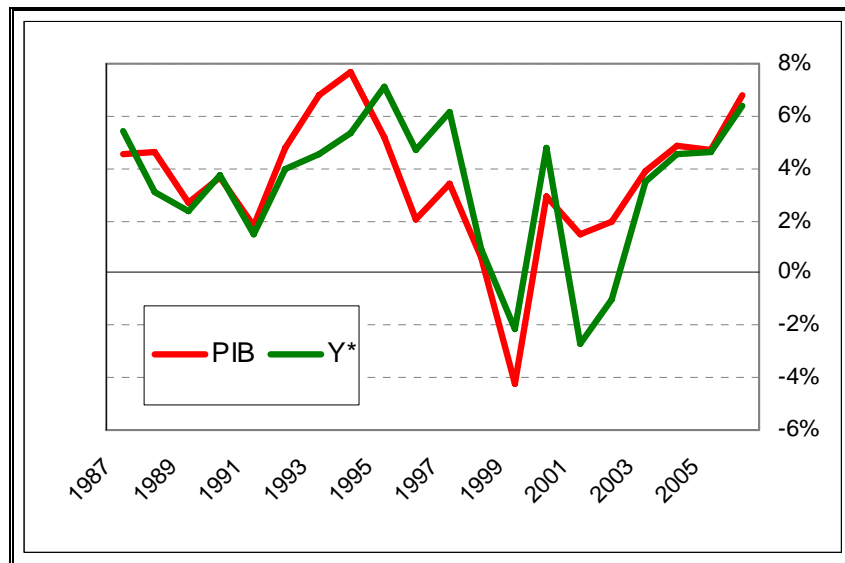
La brecha del desempleo se obtiene de manera similar como la sumatoria de los choques transitorios IS, LM y tecnológicos.

$$\Delta TD_t^{GAP} = \sum_j C_{31}(j) \epsilon_{t-j}^{IS} + \sum_j C_{32}(j) \epsilon_{t-j}^{Tec} + \sum_j C_{34}(j) \epsilon_{t-j}^{LM} \quad (11)$$

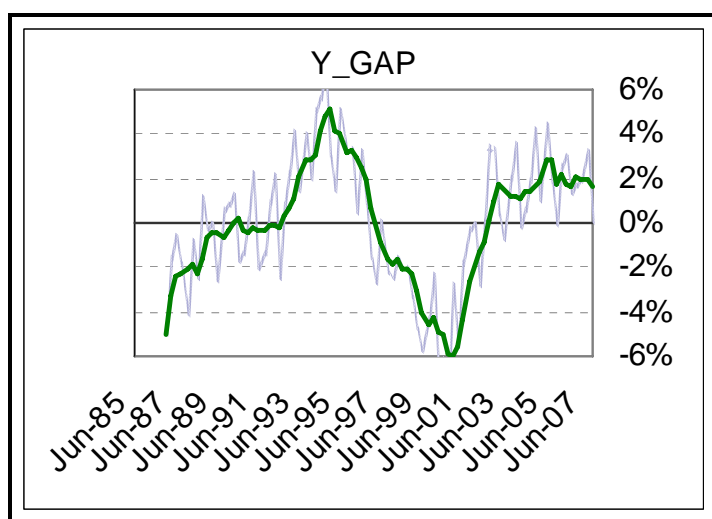
$$TD_t^{GAP} = \text{Integra do}(\Delta TD_t^{GAP}) \quad (12)$$

En el Gráfico 7 se presenta el crecimiento del producto observado y del no inflacionario implícito en esta estimación de VAR estructural. En el Gráfico 8 se presenta la brecha del producto. En el Gráfico 9 se encuentra la tasa de desempleo y la NAIRU implícita en esta estimación. Finalmente, en el Gráfico 10 se presenta la brecha de desempleo. Es importante resaltar el hecho de que la brecha de desempleo y la brecha del producto no son exactamente iguales aunque obviamente tienen una alta correlación negativa. Lo cual es de esperarse debido al efecto del choque tecnológico sobre el desempleo, haciendo que la brecha de desempleo presente ciclos menos amplios y sea más persistente que la brecha del producto. De hecho al menos en esta muestra, parece verificarse la intuición de que el mercado laboral tiende a ir un poco rezagado al resto de la economía.

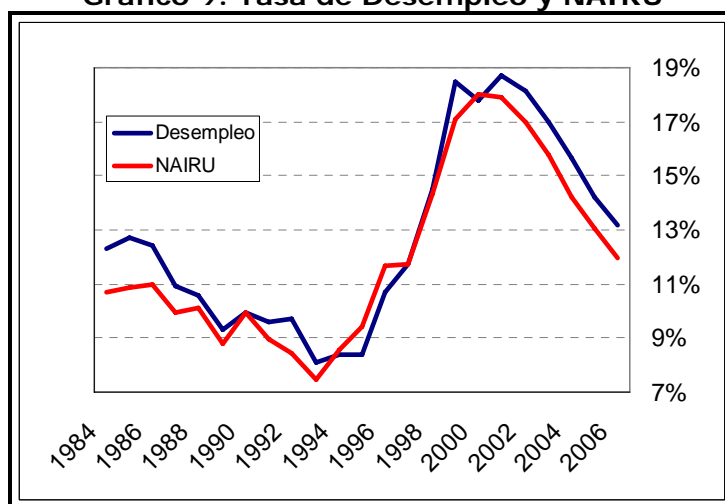
**Gráfico 7: Crecimiento del Producto y del no Inflacionario**



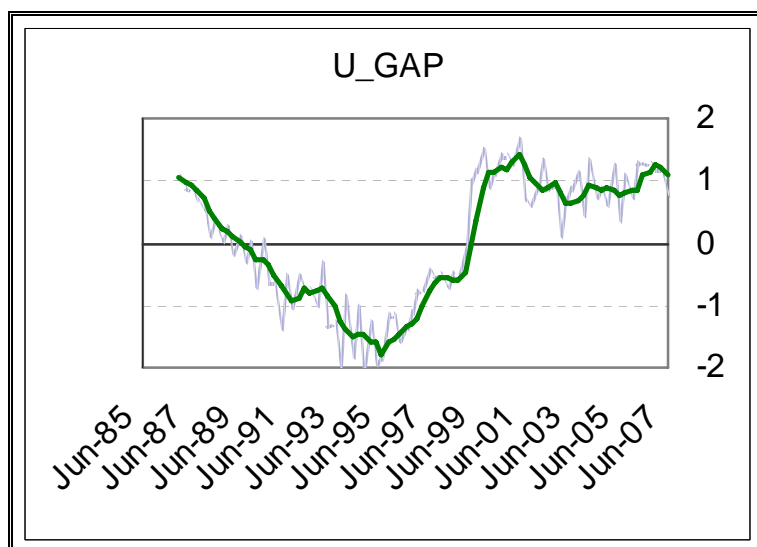
**Gráfico 8: Brecha del Producto del SVAR**



**Gráfico 9: Tasa de Desempleo y NAIRU**



**Gráfico 10: Brecha de Desempleo**



### 3. Filtro de Kalman<sup>8</sup>

El objetivo de esta estimación es el cálculo conjunto de la tasa de interés de interés natural de mediano plazo y la brecha del producto en cada momento del tiempo. Para esto se utiliza el filtro de Kalman para hacer una estimación simultánea a partir de un modelo semi-estructural similar al Mésnonier y Renne (2004) para Europa, pero adaptado para una economía pequeña y semi-abierta como la colombiana. La tasa de interés natural de mediano plazo es aquella consistente con un producto en su nivel potencial y la inflación estable, la cual podría ser incorporada en una Regla de Taylor para hacer recomendaciones de política.

La identificación econométrica se realiza con dos relaciones de forma reducida, una curva IS o de demanda agregada y una Curva de Phillips o de oferta agregada. Se asume que la regla de política está implícita en estas ecuaciones y que la tasa de interés natural y el producto potencial tienen el mismo determinante que es el crecimiento de la productividad total multifactorial (PTF). Las ecuaciones tienen expectativas adaptativas, que son mejor comportadas en términos empíricos y la tasa de interés real es consistente con los pronósticos de inflación del modelo.

La Curva de Phillips relaciona la inflación sin alimentos, con sus tres primeros rezagos, la brecha del producto rezagada un período, la inflación de los bienes importados y un error serialmente no correlacionado:

$$\pi_t = \alpha_1 \pi_{t-1} + \alpha_2 \pi_{t-2} + \alpha_3 \pi_{t-3} + \beta_1 z_{t-1} + \alpha_4 \pi_t^m + \varepsilon_t^\pi \quad (13)$$

Donde  $\pi_t$  es la inflación sin alimentos,  $z_t$  es la brecha del producto,  $\pi^m$  es la inflación de los bienes importados del IPP y  $\varepsilon_t^\pi$  es el error de la estimación.

La curva IS relaciona la brecha del producto, con sus dos primeros rezagos, los dos primeros rezagos de la brecha de tasa de interés real, el crecimiento de los países del G7, el primer rezago del crecimiento de los términos de intercambio y un error serialmente no correlacionado:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \lambda(1+L)\left(i_{t-1} - \pi_{t-1} - r_{t-1}^*\right) + \delta_1 \Delta y_t^{G7} + \delta_2 \Delta ti_{t-1} + \varepsilon_t^z \quad (14)$$

---

<sup>8</sup> Esta sección se basa en Echavarría et. al. (2006).

Donde  $z_t$  es la brecha del producto,  $i_t$  es la tasa de interés nominal de los CDT's a 90 días,  $\pi_{t|t-1}$  es el pronóstico de inflación de la Curva de Phillips,  $r_t^*$  es la tasa de interés natural,  $\Delta y_t^{G7}$  es el crecimiento de los países del G7,  $\Delta i_t$  es la variación en los términos de intercambio (definidos como la razón entre los precios de los bienes exportados y los bienes importados medidos en el IPP) y  $\varepsilon_t^\pi$  es el error de la estimación.

Estas dos ecuaciones junto con la de la dinámica de la tasa de interés natural y el producto potencial, se pueden representar adecuadamente en una representación estado-espacio que se estima con el filtro de Kalman. La ecuación de medida es:

$$\begin{bmatrix} \Delta y_t \\ \pi_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_y & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \beta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_t \\ a_{t-1} \\ z_t \\ z_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & \mu_y \\ \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 & \alpha_4 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \pi_{t-1} \\ \pi_{t-2} \\ \pi_{t-3} \\ \pi_t^m \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^y \\ \varepsilon_t^\pi \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$S_t = H L_t + G D_t + \varepsilon_t$$

La ecuación de transición es:

$$\begin{bmatrix} a_t \\ a_{t-1} \\ z_t \\ z_{t-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \psi & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ -\lambda\theta_r & -\lambda\theta_r & \phi_1 - \beta_1\lambda & \phi_2 - \beta_1\lambda \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{t-1} \\ a_{t-2} \\ z_{t-1} \\ z_{t-2} \end{bmatrix} +$$

$$L_t = T L_{t-1} +$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda & \lambda & -\lambda\alpha_1 & -\lambda(\alpha_2 + \alpha_1) & -\lambda(\alpha_3 + \alpha_2) & -\lambda\alpha_3 & \delta_1 & \delta_2 & -\lambda\alpha_4 & -2\lambda\mu_r \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{t-1} \\ i_{t-2} \\ \pi_{t-1} \\ \pi_{t-2} \\ \pi_{t-3} \\ \pi_{t-4} \\ \Delta y_t^{G7} \\ \Delta i_{t-1} \\ (\pi_t^m + \pi_{t-1}^m) \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^a \\ 0 \\ \varepsilon_t^z \\ 0 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$K C_t + \eta_t$$

La matriz de varianza-covarianza del sistema es:

$$\begin{bmatrix} \sigma_y^2 & & & \\ & \sigma_\pi^2 & & \\ & & \sigma_a^2 & \\ & & & \sigma_z^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & \\ & Q \end{bmatrix} \quad (17)$$

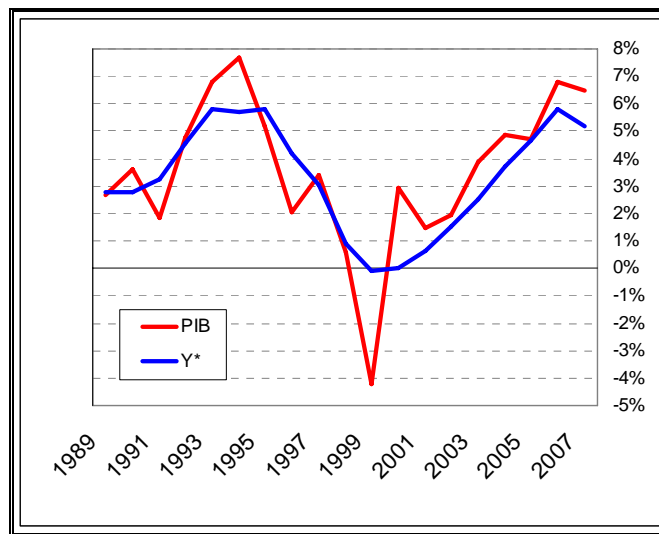
La estimación se realizó con el procedimiento numérico "Double-Dogleg" que combina los métodos "Quasi-Newton" y "Trust-Region". Los valores iniciales para la estimación recursiva se obtuvieron de una estimación uniecuacional por OLS de la Curva de Phillips y la curva IS, donde los valores de las variables no observables se calcularon con un filtro de Hodrick y Prescott. Para solucionar el problema de degeneramiento de las varianzas (pile-up) se

establecieron valores para las razones  $\gamma_1 = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_z^2} = 0.005$  y  $\gamma_2 = \frac{\theta_r}{\theta_y} = 6.5$

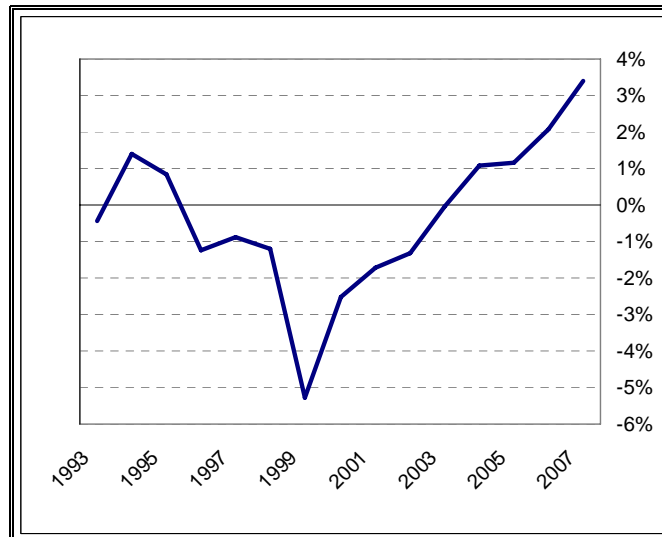
teniendo en cuenta gradientes, función objetivo, significancia y coherencia de los resultados. La estimación resultó ser estable en tanto que las raíces características de la matriz  $T$  tienen módulo menor que uno. Todos los parámetros del modelo tienen los signos esperados y son significativos al 5%, menos por el segundo rezago de la inflación en la ecuación (13) y el intercepto en la ecuación de la evolución de  $r_t^*$ . El parámetro asociado al cambio en los términos de intercambio es significativo al 10%.

En el Gráfico 11 aparecen el crecimiento del producto y el crecimiento del producto potencial estimado con esta metodología. En el Gráfico 12 se encuentra la brecha del producto y en el Gráfico 13 está la brecha de tasa de interés. La coherencia entre la brecha del producto y la brecha de tasa de interés surge casi por definición a raíz de la estrategia de identificación, según la cual el producto potencial y la tasa de interés natural tienen un mismo determinante (PTF).

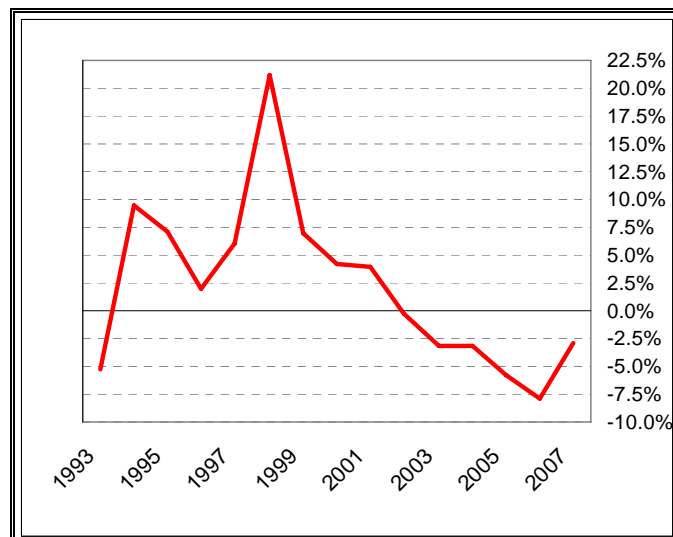
**Gráfico 11: Crecimiento del Producto y del no Inflacionario**



**Gráfico 12: Brecha del Producto del Filtro de Kalman**



**Gráfico 13: Brecha de Tasa de Interés del Filtro de Kalman**





#### 4. Filtro de Kalman Bayesiano<sup>9</sup>

Recientemente se comenzó a utilizar en Colombia una estimación de la brecha del producto que utiliza las mismas ecuaciones del MMT y de la mayoría de los modelos estructurales de pronóstico de distintos Bancos Centrales, lo cual es muy atractivo. El modelo es Neo-Keynesiano porque incorpora rigideces nominales y reales; es estructural porque todas sus ecuaciones tienen interpretación económica; es de equilibrio general porque la mayoría de las variables de interés son endógenas; es estocástico puesto que cada variable endógena presenta choques aleatorios y finalmente incluye expectativas racionales consistentes con el modelo.

El modelo en cambio no está micro-fundamentado, no tiene bien modelada la oferta agregada, no tiene política fiscal, ni explora los determinantes de la cuenta corriente. Sin embargo, es suficiente para modelar adecuadamente los aspectos más importantes del mecanismo de transmisión de la política monetaria y de la formación de precios de una manera transparente y fácilmente monitoreable.

Para la estimación se utiliza el Filtro de Kalman para calcular variables no observadas. La principal novedad del método de estimación Bayesiano es que debido a que en Colombia, al igual que en la mayoría de los países en desarrollo, las series no son tan largas y contienen grandes quiebres estructurales, la estimación de los parámetros del modelo con un Filtro de Kalman tradicional no es sencilla. En cambio con el filtro Bayesiano es posible hacer una estimación confiable con pocos datos al incluir las creencias que se tienen sobre los parámetros del modelo, para luego contrastarlas con los datos. En Colombia se hace la estimación con datos desde diciembre de 2000 para evitar contaminar la estimación con los datos de la crisis.

Las cuatro ecuaciones principales de modelo son: (i) la curva de demanda agregada o curva IS, (ii) la Curva de Phillips, (iii) la ecuación de la paridad descubierta de las tasas de interés (UIP) y (iv) la Regla de Taylor.

---

<sup>9</sup> Esta sección se basa en Berg, Karma y Laxton (2006). El modelo utilizado para la estimación es una adaptación de este trabajo, hecha por Roberto García cuando era funcionario de la misión del FMI en Colombia.

En la curva IS el producto depende de la tasa de interés real y la tasa de cambio real:

$$\hat{y}_t = B_1 \hat{y}_{t-1} + B_2 \hat{y}_{t+1} - B_3 (r_{t-1} - r_{t-1}^*) + B_3 (z_{t-1} - z_{t-1}^*) + \varepsilon_t^y \quad (18)$$

Donde  $\hat{y}_t$  es la brecha del producto,  $r$  es la tasa de interés real,  $z$  es la tasa de cambio real y los asteriscos (\*) denotan los valores de equilibrio de las variables.

En la Curva de Phillips la inflación depende de las expectativas de inflación, la brecha del producto y la tasa de cambio real:

$$\pi_t = \alpha_1 \pi_{t+4} + (1 - \alpha_1) \pi_{t-1} + \alpha_2 \hat{y}_{t-1} + \alpha_3 (z_t - z_{t-1}) + \varepsilon_t^\pi \quad (19)$$

Donde  $\pi_t$  es la inflación trimestral anualizada, se incluyen expectativas adaptativas y racionales de inflación y la brecha del producto es una proxy del mark-up.

En la ecuación de la paridad descubierta de las tasas de interés la tasa de cambio real depende del diferencial de tasas de interés ajustadas por el riesgo país:

$$z_t = z_{t+1}^e - (r_t - r_t^{USA} - \varphi_t^*) + \varepsilon_t^z \quad (20)$$

Donde  $r_t$  es la tasa de interés real de política monetaria,  $r_t^{USA}$  es la tasa de política en Estados Unidos y  $\varphi_t^*$  es la prima trimestral de riesgo país de equilibrio.

En la Regla de Taylor se representa la política monetaria que fija la tasa de interés dependiendo de la brecha del producto y la desviación de la inflación proyectada de la meta:

$$i_t = \gamma_1 i_{t-1} + (1 - \gamma_1) (r_t^* + \pi_t + \lambda_1 (\pi_{t+4} - \pi_{t+4}^*) + \lambda_2 \hat{y}_t) + \varepsilon_t^i \quad (21)$$

Donde se asume que la autoridad monetaria mueve su tasa de política con precaución debido a la incertidumbre en la toma de decisiones y se modelan las preferencias de la autoridad entre el producto y la desviación proyectada

de la inflación respecto a la meta en el horizonte de política que se estima en cuatro trimestres. Finalmente se especifica que la NAIRU y la NAICU evolucionan de acuerdo a la dinámica de la brecha del producto:

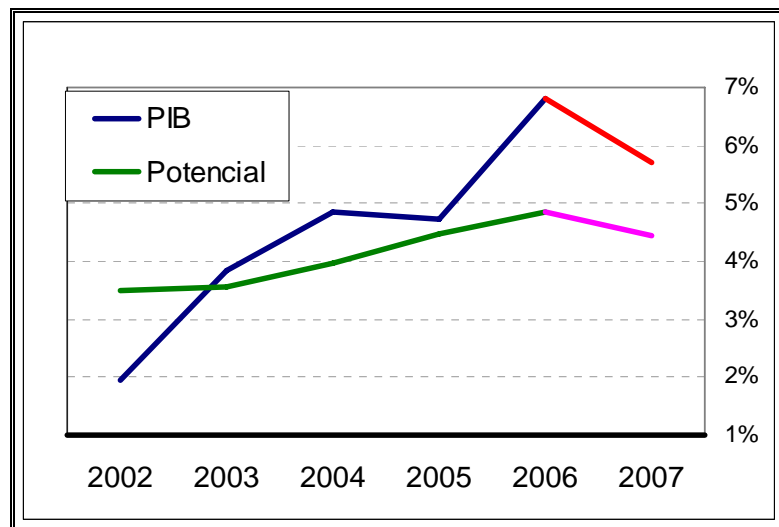
$$NAIRU\_GAP_T = \omega_1 NAIRU\_GAP_{T-1} + \omega_2 \hat{y}_t + \varepsilon_T^{U*} \quad (22)$$

$$NAICU\_GAP_T = \mu_1 NAICU\_GAP_{T-1} + \mu_2 \hat{y}_t + \varepsilon_T^{CU*} \quad (23)$$

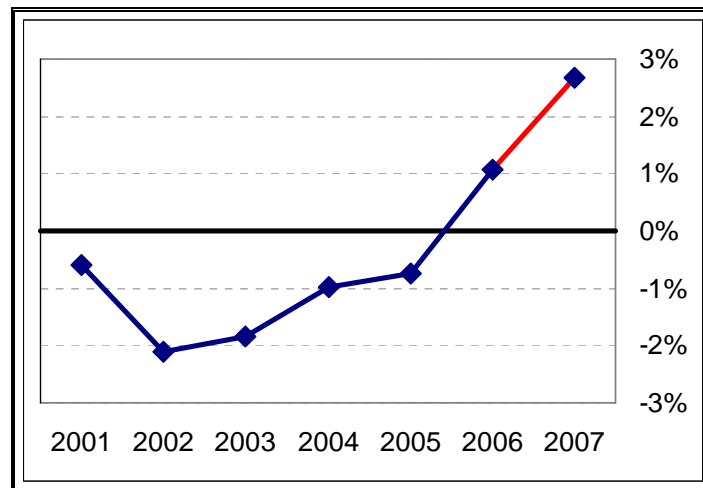
De esta manera es posible estimar de manera simultánea, la brecha del producto, de empleo, de tasa de interés y de tasa de cambio. Se utiliza para esto, la inflación sin alimentos, las expectativas de inflación, el desempleo, la tasa de cambio real, la tasa de interés y la utilización de capacidad instalada. Las variables exógenas del modelo son la meta de inflación, la tasa de interés natural y el crecimiento natural del producto.

En el Gráfico 14 se presenta el crecimiento del producto y del no inflacionario estimado con esta metodología y en el Gráfico 15 la brecha del producto. En el Gráfico 16 se encuentra la tasa de desempleo y la NAIRU y en el Gráfico 17 está la brecha de desempleo estimada con esta metodología. En Gráfico 18 el está la utilización de capacidad instalada y la NAICU y en el Gráfico 19 se presenta la brecha de utilización de la capacidad. Finalmente en el Gráfico 20 se muestra la tasa de cambio real y su valor de equilibrio y en el Gráfico 21 está la brecha de tasa de cambio real.

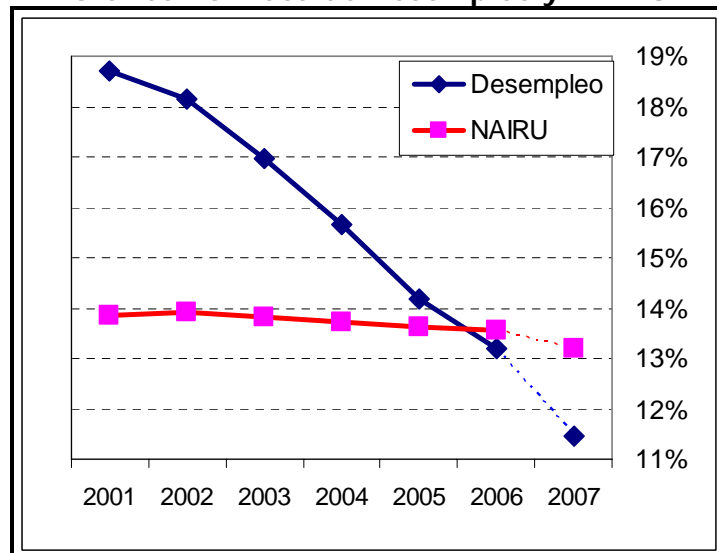
**Gráfico 14: Crecimiento del Producto y del no inflacionario**



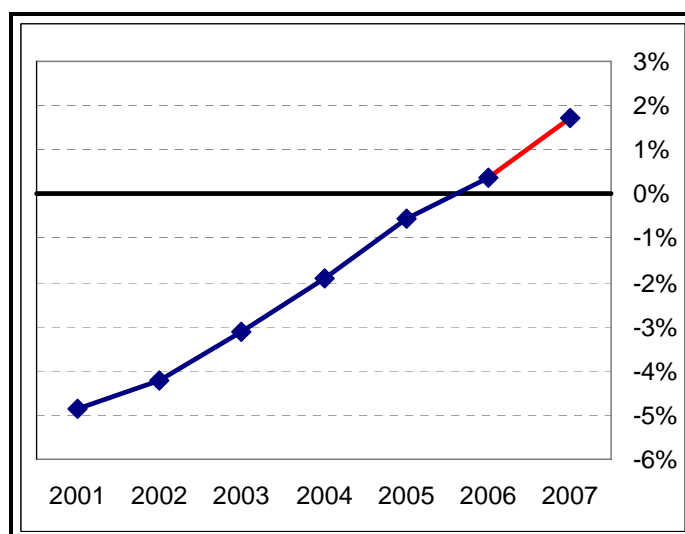
**Gráfico 15: Brecha del Producto del Kalman Bayesiano**



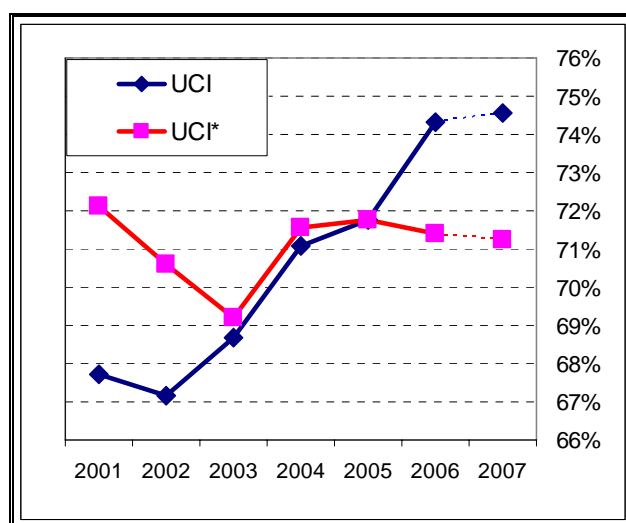
**Gráfico 16: Tasa de Desempleo y NAIRU**



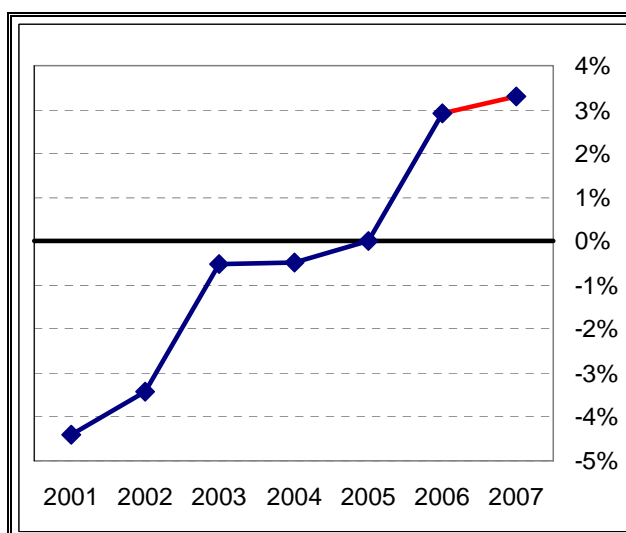
**Gráfico 17: Brecha de Empleo del Kalman Bayesiano**



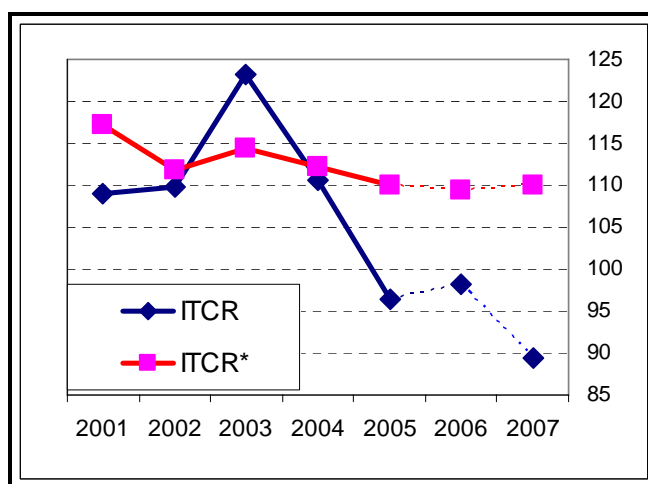
**Gráfico 18: Utilización de Capacidad y NAICU\***



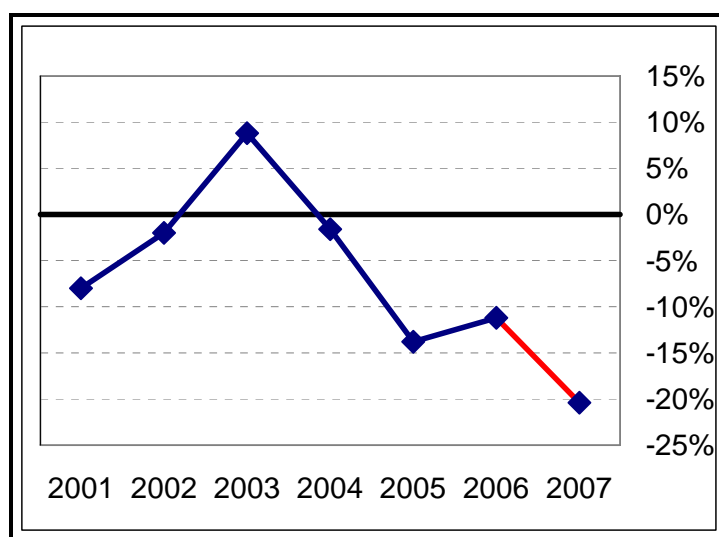
**Gráfico 19: Brecha de Utilización del Capital del Kalman Bayesiano**



**Gráfico 20: Índice de Tasa de Cambio Real y su Valor de Equilibrio**



**Gráfico 21: Brecha de Tasa de Cambio Real del Kalman Bayesiano**



### 5. Componentes Principales<sup>10</sup>

Debido a la gran incertidumbre que acompaña cualquier estimación sobre excesos de capacidad, en el Banco de la República de Colombia se evalúa gran cantidad de información, a veces sectorial y de encuestas, que pueden dar una mejor idea sobre la situación de la economía en el ciclo. En este contexto, es deseable contar con una herramienta formal que permita agregar la información disponible sobre la brecha del producto, que sea flexible, que permita incorporar información en tiempo real y que logre conciliar las divergencias entre las señales de los diferentes indicadores.

La agregación de los datos es compleja por las diferencias en el formato (diario, mensual, trimestral o anual), en la unidad de medida (nominal, real, balances, índices), en los rezagos de publicación, en el poder informativo y en el grado de agregación. Sin embargo, las dificultades no deben llevar a desechar indicadores o a asignarles un bajo peso en el diagnóstico, ya que todos pueden contener información relevante sobre la situación de la demanda en la economía y las posibles presiones sobre los precios. Infortunadamente, en muchos casos los analistas pueden sesgar los resultados, dada la ausencia de una herramienta objetiva, y por las restricciones propias del análisis.

Los problemas en el manejo de la información sobre la brecha del producto aumentan la incertidumbre sobre esta medida. Esto lleva a que, en la

---

<sup>10</sup> Esta sección sigue el trabajo de Rodríguez et. al. (2006).

práctica, la política monetaria se pueda demorar en reaccionar hasta cuando la mayoría de las variables se mueven en la misma dirección. En términos de política monetaria esto es costoso debido a que movimientos tempranos en la tasa de interés permiten lograr los objetivos con ajustes más pequeños que las respuestas tardías.

Una alternativa para este problema es el uso de la metodología de componentes principales para agregar la información disponible sobre la brecha del producto. Este procedimiento descompone las series entre sus factores comunes (que resumen los comovimientos de las series o fundamentales) y sus choques específicos (que recoge posibles errores de medición y revisiones en las series). De esta manera se resuelve el problema de agregación y a la vez se minimiza el riesgo del sesgo discrecional, debido a que los ponderadores de las series son definidos por los datos en cada momento del tiempo y no por los analistas.

Varios trabajos han demostrado que los errores de pronóstico de los modelos que incluyen factores comunes estimados, tienden a ser menores que los de los modelos tradicionales<sup>11</sup>. Esto porque, al explotar la información contenida en una base de datos más completa, no sólo se alivia el problema de variables omitidas sino que se soluciona en parte la inestabilidad estructural que ronda las estimaciones con pocas variables.

Según Fisher (2000), la principal ventaja de los modelos de factores para predecir la inflación, es que los precios se determinan por una compleja interacción de muchas variables, que además es inestable en el tiempo y está sujeta a la crítica de Lucas<sup>12</sup>. De tal manera, una variable puede ser útil para pronosticar la inflación sólo en algunos períodos de tiempo, pero cuando la economía cambia es posible que otra sea más relevante. Un modelo que incorpore un resumen de todas las variables relevantes es altamente deseable para producir pronósticos más estables y confiables.

El método de factores comunes para la estimación de la brecha del producto no está exento de problemas. El principal problema es que los resultados dependen mucho de la riqueza en información de la base de datos a partir

---

<sup>11</sup> Algunos de los más importantes son Stock et. al. (1999, 2002 y 2004) y Giannone et. al. (2004)

<sup>12</sup> Consecuencia de esto es la variedad de modelos que se tienen para el pronóstico de la inflación del IPC en Colombia, o para sub canastas de ella. Sumando, cada trimestre se hace uso de al menos 60 metodologías diferentes.

de la cual se estiman los factores. Por lo anterior, la selección inicial de las variables no es inocua como lo verifican Boivin y Ng (2003) mediante simulaciones de Monte Carlo. Al respecto, no existe un criterio formal sobre el número y el tipo de variables que se necesitan para estimar de manera adecuada los factores. Por ejemplo, Watson (2000) muestra que para datos de Estados Unidos, el incrementar el número de series más allá de cincuenta no trae beneficios significativos en términos de error de pronóstico.<sup>13</sup>

El propósito del Análisis de Componentes Principales (ACP) es derivar un número pequeño de combinaciones lineales de un conjunto de variables originales, que retengan tanta información de aquellas como sea posible. Dado un conjunto de  $N$  variables numéricas, es posible calcular hasta  $N$  componentes principales. Donde, cada CP es una combinación lineal de las variables originales, con coeficientes iguales a los vectores propios ('eigenvectores') de la matriz de correlación o de covarianza de las variables originales. La racionalidad de los modelos de análisis factorial recae en que el comportamiento de las variables se encuentra determinado por factores comunes y choques individuales (idiosincráticos). El modelo supone que se tienen  $T$  observaciones de serie de tiempo para  $N$  unidades de corte transversal, que se denotan como  $x_{i,t}$  ( $i=1...N, t=1...T$ ). El modelo estático de factores se define como:

$$x_{i,t} = \lambda_{i,1}f_{1,t} + \dots + \lambda_{i,r}f_{r,t} + e_{i,t} = \Lambda_i' F_t + e_{it} \quad (24)$$

Donde,  $x_{i,t}$  son variables observables,  $F_t$  es un vector de  $r$  factores comunes,  $\Lambda_i$  es el vector de coeficientes  $r \times 1$  de los factores para la unidad  $i$ , y  $e_{i,t}$  es el error idiosincrático de la estimación. Es factible obtener tantos factores como variables ( $r=N$ ), pero en general con los primeros  $r < N$  factores es posible explicar un alto porcentaje de la varianza del sistema.

El objeto de estimar estos factores ( $f_{i,t}$ ) es la posibilidad de emplearlos en el pronóstico de una variable  $Y_t$ , usando un modelo lineal de la forma:

---

<sup>13</sup> Aunque tener más datos siempre es mejor de acuerdo a la teoría asintótica, en la práctica, el incluir datos con grandes errores de medición y con choques altamente autocorrelacionados no mejora la estimación y puede afectar en el límite la estimación del componente común.



$$Y_{t+1} = \partial_1(L)f_{1,t} + \dots + \partial_q(L)f_{q,t} + \Gamma(L)'Z_t + u_{t+1} = \Delta(L)F_t + \Gamma(L)'Z_t + u_{t+1}, \quad (25)$$

Donde,  $\partial_i(L)$ ,  $\Delta(L)$  y  $\Gamma(L)$  son polinomios en  $L$ , el operador de rezagos, y  $Z_t$  es un vector de variables exógenas que puede contener rezagos de  $Y_t$ . En el caso en que  $u_t$  (el error en la predicción de la variable endógena) presente auto correlación serial, sólo los primeros  $q$  de los  $r$  factores que determinan  $x_{i,t}$  son necesarios para pronosticar  $Y_{t+1}$  adecuadamente. Se dice que este modelo es una representación *aproximada* de un modelo de factores, porque permite que  $e_{i,t}$  tenga un poco de correlación de corte transversal.<sup>14</sup>

Como los factores comunes no son directamente observables se deben estimar mediante análisis de componentes principales. Donde cada uno de los factores  $F_t$  estimados son una combinación lineal de los elementos del vector  $x_t = (x_{1,t} \dots x_{N,t})'$  de dimensión  $N \times 1$  y la combinación se escoge mediante la optimización que minimiza la suma de los cuadrados de los residuos  $(x_{i,t} - \lambda_i f_{i,t})^2$ . En concreto, los estimados de  $\hat{F}_t$  deben minimizar la función objetivo:

$$V_{N,T}(F, \Lambda) = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{i,t} - \lambda_i f_{i,t})^2 \quad (26)$$

Bajo el supuesto que existen  $r$  factores comunes, los estimadores óptimos de los factores resultan ser los  $r$  vectores propios (eigenvectores) asociados a los valores propios más grandes de la matriz  $N^{-1} \sum_{i=1}^N x_i x_i'$  de dimensión  $T \times T$ , que corresponden a los componentes principales de  $x_t$ .

Para la estimación de la brecha con esta metodología, en Colombia se utilizan diez indicadores que se siguen (o estiman) periódicamente por el equipo de inflación del Banco Central por su relación con la inflación básica. Sólo se consideran variables provenientes de encuestas o mediciones, y se excluyen mediciones a partir de filtros estadísticos. Esto porque de acuerdo

---

<sup>14</sup> Lo cual, según Stock (2004) cuando se trabaja con series económicas es una gran ventaja frente al modelo exacto de factores que se estima con el Filtro de Kalman.

a Peña y Poncela (2006), surgen graves inconvenientes al estimar componentes principales de un grupo de variables estimadas (no medidas). Puesto que las estimaciones introducen ruido dentro de los factores comunes estimados, especialmente si dichos errores se encuentran correlacionados.

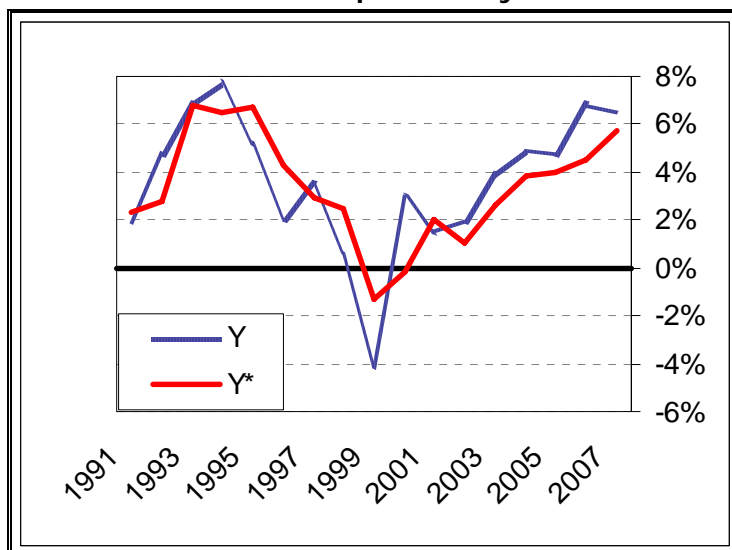
Las series que se utilizan para la estimación son: la demanda como principal problema de la industria según la Asociación Nacional de Industriales (ANDI), la utilización de la capacidad instalada según la ANDI, el balance comercial en dólares según en DANE, la utilización de capacidad según Fedesarrollo, las horas extras en la industria según el DANE, la percepción de los empresarios sobre si su capacidad instalada es suficiente para satisfacer la demanda que esperan en el próximo año según Fedesarrollo, la demanda externa neta real según el DANE, el porcentaje de empresas con utilización de la capacidad mayor a su promedio histórico según Fedesarrollo, las licencias aprobadas de construcción según el DANE y las ventas del comercio según el DANE.

Para la estimación por componentes principales se requiere trabajar con series estacionarias, lo cual no es problema para estas series debido a que la brecha del producto es estacionaria por definición y esto es fácilmente verificable con las pruebas tradicionales de estacionariedad. Luego se procedió a normalizar las series y reescalarlas por la desviación estándar de la brecha del producto oficial del Banco de la República, para que la medida que se obtenga sea directamente comparable. Con estas series se procedió a estimar el primer componente principal (CP-Datos). Los pesos de cada indicador dentro del componente se presentan en la Tabla 1. En el Gráfico 22 se presenta el crecimiento del PIB observado y el crecimiento del PIB no inflacionario que se deriva a partir de CP-Datos. En el Gráfico 23 se presenta la estimación de CP-Datos.

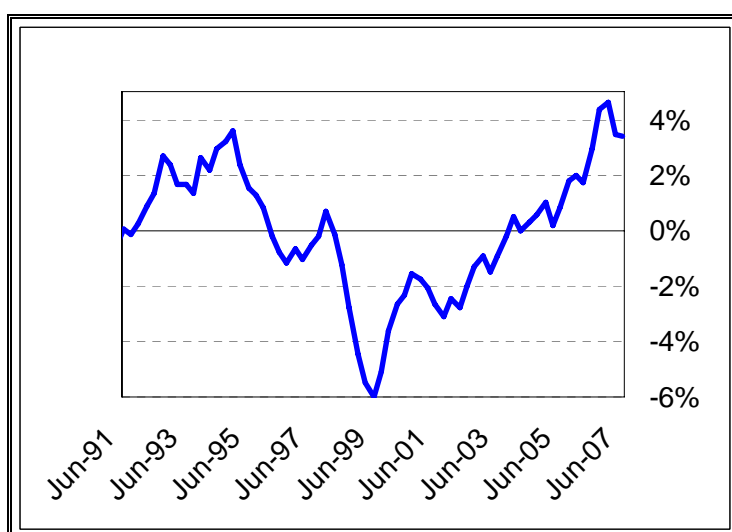
**Tabla 1: Participación de las Series en CP-Datos**

Variable	Pesos jun-07
Capacidad instalada Vs. Demanda esp.	15.8%
Demanda como principal problema	15.5%
UCI ANDI	14.3%
Licencias de construcción	12.0%
Ventas del comercio	11.6%
UCI Fedesarrollo	8.8%
Horas extras de la industria	8.5%
% de empresas con UCI > promedio	7.7%
Demanda externa neta en pesos de 1994	3.5%
Balanza comercial en dólares	2.3%

**Gráfico 22: Crecimiento del producto y del no inflacionario**



**Gráfico 23: Brecha del Producto con CP-Datos**

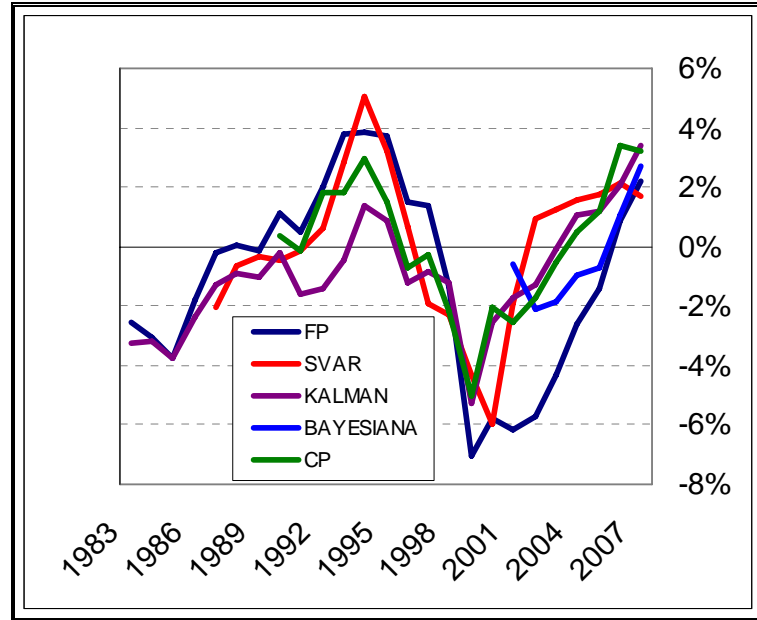


### III. Evaluación de Pronósticos

Todas las mediciones de la brecha están bastante correlacionadas, sin embargo los niveles de las series presentan importantes diferencias especialmente al final de la muestra como se observa en el Gráfico 24. Dichas diferencias se deben principalmente por la descomposición que hace cada metodología de los cambios la serie de PIB observada entre choques de oferta y de demanda. Los choques de oferta son aquellos que afectan al producto potencial y los de demanda afectan la brecha del producto. En la medida en que un procedimiento reconozca muy pocos choques de oferta, entonces el crecimiento del producto potencial va a ser muy estable y la mayoría de los movimientos del producto se verán reflejados en la medición

de brecha. Por el contrario, si la medición reconoce la presencia de fuertes choques de oferta, el crecimiento del producto potencial será muy variable y entonces los cambios en el producto observado afectarán poco la brecha del producto.

**Gráfico 24: Diferentes Estimaciones de Brecha del Producto**



La identificación en tiempo real de un choque como de oferta o de demanda como responsable de los cambios en el producto observado es muy difícil. Lo cual además se complica debido a la naturaleza no observable de la brecha del producto. Por esto, resulta natural intentar verificar la validez de las diferentes mediciones. Lo que en últimas implica evaluar cuál de las metodologías empleadas hace una mejor identificación de los choques de oferta y de los de demanda. Lo cual no es un problema teórico sino empírico para cada economía.

La manera elegida en este documento para verificar la validez de las estimaciones anteriormente expuestas es a través de su capacidad predictiva fuera de muestra de la inflación básica de bienes no transables en una Curva de Phillips, que es finalmente la razón principal por la que se requiere una estimación adecuada la brecha del producto en un Banco Central que funciona bajo un esquema de inflación objetivo. La Curva de Phillips que se utilizó para generar pronósticos es de la forma:

$$\pi_t^c = \gamma(L)\pi_{t-1}^c + \alpha\pi_t^E + \hat{\partial}(L) \mathbf{y}_t + u_t \quad (27)$$

Donde  $\gamma(L)\pi_{t-1}^c$  son los rezagos de la inflación básica,  $\pi_t^E$  las expectativas de la inflación total,  $\hat{\partial(L)y_t}$  rezagos de la medida de brecha que se desea evaluar y  $u_t$  es el error de la estimación por OLS.

En este documento, se evalúan cuatro de los cinco indicadores de la brecha reseñados como posibles determinantes de la inflación trimestral anualizada de bienes no transables, sin alimentos y sin regulados (25% del IPC en Colombia)<sup>15</sup>. Se escoge esta sub-canasta del IPC porque al excluir los precios de los bienes transables (determinados por la tasa de cambio), de los alimentos (sujetos a fuertes choques de oferta) y de los regulados (sus precios los fijan comisiones regulatorias), se puede ver más claramente la relación entre la inflación y la situación de la demanda interna.

También se decidió evaluar dos estimaciones adicionales: la primera obtenida con un filtro de Hodrick y Prescott tradicional y la segunda utilizando el crecimiento económico como proxy de la brecha del producto. Esto último implica suponer que en la economía no hay grandes choques de oferta, es decir que el crecimiento del potencial es constante y que entonces cualquier movimiento en el producto observado se ve reflejado en la medición de la brecha.

Para este último ejercicio se utiliza una curva de Phillips modificada:

$$\pi_t^c = c + \gamma(L)\pi_{t-1}^c + \alpha\pi_t^E + B\Delta \ln Y_t + u_t \quad (28)$$

Donde  $c$  es el intercepto en la estimación y  $\Delta \ln Y_t$  es el crecimiento del producto observado. Una vez se estima por OLS la ecuación, se puede calcular el crecimiento del producto potencial como:

$$\Delta \ln Y_t^* = -\frac{c}{B} \quad (29)$$

Finalmente se evalúa la bondad de los pronósticos si no se utiliza para los pronósticos fuera de muestra ningún estimador de brecha. Esto para verificar qué tan adecuado sería para un Banco Central ignorar cualquier

---

<sup>15</sup> La brecha Bayesiana no se evalúa debido a que como su estimación arranca en diciembre de 2000 hay muy pocos datos para estimar adecuadamente un modelo de regresión y pronósticos fuera de muestra.

estimación de la brecha a la hora de hacer política monetaria con el argumento de que son demasiado inciertas en la medida en que el producto potencial es siempre inobservado.

En todas las estimaciones se impone súper-neutralidad en la Curva de Phillips, es decir que la suma de los coeficientes de las variables nominales, de las expectativas  $\alpha$  y del polinomio  $\gamma(L)$ , se restringe a uno. De esta forma se garantiza que la Curva de Phillips sea vertical en el largo plazo<sup>16</sup>. Se estimó un modelo diferente para cada uno de las medidas de brecha los cuales se eligieron mediante la metodología *stepwise*<sup>17</sup>. De esta manera se busca producir los mejores pronósticos posibles con la información contenida en cada serie y se evita sesgar los resultados por una dinámica mal especificada.

En la Tabla 2 se encuentran los modelos elegidos para cada uno de los indicadores con sus respectivos rezagos y coeficientes. Dado el proceso de elección de la Curva de Phillips para cada indicador, la arquitectura difiere según la medida. Para cuantificar el efecto total de las variables exógenas (persistencia, brecha y expectativas), y poder comparar entre los diferentes modelos, se pueden sumar los coeficientes asociados a cada determinante. De esta forma se observa como, en promedio, los coeficientes estimados en las Curvas de Phillips son similares entre todas las medidas y a su vez, son comparables con los incluidos en el modelo central de pronóstico MMT. Por ejemplo, el coeficiente promedio de la persistencia (rezagos de la inflación) es 0,78, el de la brecha del producto es 0,28, y el de las expectativas es 0,23. Sólo para la estimación que utiliza la brecha que viene de un filtro de Hodrick y Prescott presenta un signo negativo para la brecha que es obviamente containtuitivo, lo cual hace dudar de la calidad de este estimador lo cual se verifica con los resultados de los pronósticos fuera de muestra que se obtuvieron con esta medida.

---

<sup>16</sup> Es decir que la oferta agregada de largo plazo es vertical.

<sup>17</sup> Permite elegir la combinación óptima de rezagos de la inflación y del indicador de brecha del producto, para cada aproximación. Se agradece a Héctor Núñez por facilitar el código SAS para ello.

**Tabla 2: Modelos Evaluados para Cada Indicador**

<b>% PIB</b>	<b>Beta</b>	<b>std_dev</b>	<b>t_esta</b>	<b>p_val</b>
C	-3.00	0.94	-3.19	0.00
Y1	0.46	0.12	3.78	0.00
Y3	0.11	0.11	1.02	0.31
X2	0.37	0.10	3.70	0.00
X6	0.19	0.12	1.64	0.11
EXPECT	0.52	0.17	3.01	0.00

<b>HP</b>	<b>Beta</b>	<b>std_dev</b>	<b>t_esta</b>	<b>p_val</b>
Y1	0.60	0.12	5.02	0.00
Y2	0.27	0.13	2.12	0.04
X2	0.45	0.24	1.87	0.07
X3	-0.46	0.25	-1.80	0.08
X3	-0.29	0.17	-1.70	0.09
EXPECT	0.13	0.10	1.28	0.21

<b>HP Priors</b>	<b>Beta</b>	<b>std_dev</b>	<b>t_esta</b>	<b>p_val</b>
Y1	0.51	0.12	4.29	0.00
Y2	0.27	0.12	2.23	0.03
X2	0.62	0.19	3.26	0.00
X4	-0.62	0.28	-2.19	0.03
X5	0.37	0.23	1.63	0.11
EXPECT	0.21	0.12	1.77	0.08

<b>Kalman</b>	<b>Beta</b>	<b>std_dev</b>	<b>t_esta</b>	<b>p_val</b>
Y1	0.59	0.12	4.88	0.00
Y2	0.28	0.13	2.18	0.03
X2	0.83	0.23	3.58	0.00
X3	-0.45	0.29	-1.54	0.13
X4	-0.49	0.29	-1.68	0.10
X5	0.38	0.24	1.62	0.11
EXPECT	0.13	0.12	1.16	0.25

<b>CP</b>	<b>Beta</b>	<b>std_dev</b>	<b>t_esta</b>	<b>p_val</b>
Y1	0.49	0.12	4.19	0.00
Y2	0.26	0.11	2.26	0.03
X1	0.44	0.14	3.19	0.00
EXPECT	0.25	0.10	2.62	0.01

<b>Nada</b>	<b>Beta</b>	<b>std_dev</b>	<b>t_esta</b>	<b>p_val</b>
Y1	0.61	0.12	5.07	0.00
Y2	0.27	0.12	2.18	0.03
EXPECT	0.12	0.09	1.35	0.18

<b>SVAR</b>	<b>Beta</b>	<b>std_dev</b>	<b>t_esta</b>	<b>p_val</b>
Y1	0.52	0.12	4.46	0.00
Y2	0.23	0.12	1.95	0.06
X2	0.33	0.12	2.75	0.01
EXPECT	0.25	0.10	2.45	0.02

A partir de estos modelos se evaluó para cada medida de brecha su capacidad de pronóstico fuera de muestra a diferentes horizontes de la inflación básica de no transables en un ejercicio tipo *rolling* entre mar-98 y mar-07. En la Tabla 3 se presenta la raíz del error porcentual cuadrático medio (RMSPE) para cada uno de los modelos para diferentes horizontes de pronóstico en términos relativos frente a la estimación en la que no se incluye ninguna estimación de la brecha del producto. Curiosamente se observa que para todos los horizontes de pronóstico es mejor no incluir ningún indicador que incluir la estimación de Hodrick y Prescott que es la que comúnmente se utiliza para obtener una aproximación a lo que podría ser la brecha del producto. Los resultados además sugieren que es mejor utilizar el crecimiento económico como proxy de la brecha, suponiendo que el crecimiento del potencial es constante, que no utilizar ningún indicador. Finalmente se encuentra que en la medida en que se aleja el horizonte de pronóstico se hacen mucho más importantes las ganancias en términos de error de pronóstico de utilizar cualquiera de las medidas de brecha frente a usar el crecimiento económico, frente a la opción de no incluir ningún indicador y a utilizar la medición que proviene del filtro de Hodrick y Prescott.

**Tabla 3: Diferentes Estimaciones de Brecha del Producto**

H=1	RMSPE Relativo	H=4	RMSPE Relativo
CP	85%	FP	50%
FP	75%	CP	64%
SVAR	56%	KALMAN	70%
KALMAN	85%	SVAR	44%
CRECIMIENTO	97%	CRECIMIENTO	84%
Nada	100%	Nada	100%
HP	129%	HP	158%

H=6	RMSPE Relativo	H=8	RMSPE Relativo
KALMAN	45%	KALMAN	25%
FP	36%	CP	25%
CP	44%	FP	48%
SVAR	53%	SVAR	52%
CRECIMIENTO	78%	CRECIMIENTO	73%
Nada	100%	Nada	100%
HP	145%	HP	125%

#### IV. Conclusiones

En este documento se reseñaron las diferentes metodologías que se utilizan en la actualidad en el Banco Central de Colombia para la estimación de la brecha del producto. Debido a la naturaleza no observable del producto potencial y de la brecha del producto, se procedió a verificar la validez de las diferentes estimaciones a partir de los pronósticos fuera de muestra de la inflación básica de bienes no transables que se obtienen empleando estas medidas dentro de una Curva de Phillips híbrida. Los resultados sugieren que existen importantes diferencias entre las diferentes alternativas.

Se encuentra que la brecha obtenida con el procedimiento de Hodrick y Prescott produce peores pronósticos a diferentes horizontes que las demás metodologías siendo incluso mejores los pronósticos cuando no se utiliza ninguna medida de brecha en la estimación. Además se encuentra que es mejor utilizar el crecimiento económico como proxy de la brecha del producto que no usar ninguna medida. Finalmente se encuentra que todas las metodologías que se utilizan en la actualidad presentan mejoras frente a la alternativa de no usar ningún indicador de presión de demanda o frente a suponer que el crecimiento del potencial es constante. Lo cual verifica que las estimaciones de brecha del producto que se utilizan en el Banco Central de Colombia ayudan a la toma de decisiones de política monetaria en la medida en que mejoran los pronósticos de inflación.



## Bibliografía

- Berg, A., Karam, P. and Laxton, D. (2006). "Practical Model-Based Monetary Policy Analysis - A How-To Guide." IMF Working Paper, No. 81-2006.
- Boivin, J. y S. Ng (2003). "Are More Data Always Better for Factor Analysis?". NBER Working Paper Series, No. 9829.
- Cobo, A. L. (2004). "Output Gap in Colombia: An Eclectic Approach." Borradores de Economía, No. 327. Banco de la República.
- Echavarría, J., López, E., Misas, M., Téllez, J., y Parra, J. (2006). "La Tasa de Interés Natural en Colombia." Borradores de Economía No. 412. Banco de la República.
- Fisher, J. (2000). "Forecasting Inflation with a lot of Data". Chicago FED Letter. Federal Reserve Bank of Chicago, No. 151.
- Gianonne, D., L. Reichlin y D. Samall (2005). "Nowcasting GDP and Inflation: The Real-Time Informational Content of Macroeconomic Data Releases" Finance and Economics Discussion Series. Federal Reserve Board, Washington D.C. No. 42.
- Gómez, J., J. D. Uribe, y H. Vargas (2002). "The Implementation of Inflation Targeting in Colombia" Borradores de Economía No. 202. Banco de la República.
- Julio, J. M. (2001). "How Uncertain are NAIRU Estimates in Colombia?" Borradores de Economía, No. 184. Banco de la República.
- McCallum, B. (2001). "Should Monetary Policy Respond Strongly to Output Gaps?" NBER Working Paper No. 8226.
- Mésonnier, J. and Renne, J. (2004). "A Time-Varying Natural Rate of Interest for the Euro Area." Banque de France, Working Paper No. 115.
- Misas, M. y López, E. (2001). "Desequilibrios Reales en Colombia." Borradores de Economía No. 181. Banco de la República.
- Nigrinis, M. (2003). "Es lineal la Curva de Phillips en Colombia." Borradores de Economía No. 282. Banco de la República.
- Peña S., D. y P. Poncela (2006) "Nonstationary Dynamic Factor Analysis" Journal of Statistical Planning and Inference, Volume 136, Issue 4.
- Rodríguez, N., Torres, J. y Velasco, A. (2006). "Estimating an Output Gap Indicator Using Business Surveys and Real Data." Borradores de Economía No. 3921. Banco de la República.
- Stock, J. y M. Watson (1989). (1999). "Forecasting Inflation". Journal of Monetary Economics, Vol. 44.
- \_\_\_\_\_ (2002). "Macroeconomics Forecasting Using Diffusion Indexes". Journal of Business and Economic Statistics. 20:2.
- \_\_\_\_\_ (2004). "Forecasting with Many Predictors". In Handbook of Economic Forecasting.
- Watson, M. (2000). "Macroeconomic Forecasting Using Many Predictors". Mimeo Princeton University.